CAPITULO 1

OBJETIVO

Realizar los estudios necesarios para la rehabilitación o reconstrucción de las vías antes indicadas con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población que utiliza estas vías, bien sea para el acceso directo a sus viviendas o como medio de circulación, y de esta manera mejorar las posibilidades de desarrollo sostenible en el área circundante a éstas.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

CAPITULO 2

LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

Las vías objeto del estudio se encuentran ubicadas en la Localidad de Kennedy de la ciudad de Santafé de Bogotá, D.C., en los barrios Aloha, Pinos de Marsella, y Conjuntos El Ferrol; todas éstas vías son de tráfico vehicular y están conformadas por una calzada con dos (2) carriles de circulación.

En la tabla 1 se presentan las longitudes, los anchos y las áreas de estas vías.

TABLA 1. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LAS VIAS

VIA	VIA	DE	A	LONG (m)	ANCHO (m)	AREA (m^2)
8	Calle 7 A	Carrera 71 No. 71 A-93	No. 71 B-15	90	6.00-10.0	840
9	Calle 7C	Carrera 70B	Carrera 70 C	80	6.0	480
13	Calle 9D	Carrera 70	Carrera 69 D	110	10	1100
14	Transversal 70	Calle 8 A	Calle 9D	250	7.0	1750
15	Calle 9 A	Carrera 69 B	Carrera 69 D	100	5.60	560

En el anexo 1 "Localización específica", se presentan la figura 1.1 en donde se indica la ubicación exacta de cada una de estas vías.

CAPITULO 3

INVESTIGACION DEL SUBSUELO

3.1. EXPLORACION DEL SUBSUELO.

Con el objeto de determinar las características y propiedades geotécnicas de los materiales de la estructura del pavimento existente y del suelo de subrasante y el perfil estratigráfico, se ejecutaron en total Diez (10) apiques distribuidos en las cinco (5) vías, con profundidades variables comprendidas entre 1.10 m y 1.40 m. Mediante la ejecución de estos apiques se recuperaron muestras alteradas e inalteradas de cada una de las capas que conforman la estructura actual del pavimento, así como del suelo de subrasante, que posteriormente se analizaron en el laboratorio mediante un plan de ensayos que determinó las variables fundamentales de diseño desde el punto de vista geotécnico.

Los apiques se distribuyeron de la siguiente forma:

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

VIA	DIRECCION	APIQUES EJECUTADOS
8	Calle 7 A entre carrera71 No. 71 A –93	2
9	Calle 7 C entre carrera 70 y carrera 70 C	2
13	Calle 9 D entre carrera 70 y carrera 69 D	2
14	Transversal 70 entre calle 8 A y calle 9 D	2
15	Calle 9 A entre carrera 69B y Carrera 69D	2

Dentro del anexo 2 "Investigación del subsuelo" se presentan las figuras 2.1 a 2.10 en donde se muestran las columnas estratigráficas del subsuelo para cada uno de los apiques ejecutados y en el mismo anexo se presentan las tablas resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio ejecutados para caracterizar los materiales de la estructura actual del pavimento y el suelo de subrasante.

Además se presenta tambien en el anexo 2 una localización general de apiques amarrada a la nomenclatura de direcciones existente. (numero de placa).

3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Cada una de las muestras obtenidas mediante la ejecución de los trabajos de exploración de las estructuras existentes se describió visualmente y adicionalmente se programó un plan de ensayos de laboratorio conducente a determinar las propiedades in-situ de los suelos encontrados y su calidad de acuerdo con las especificaciones de construcción de Santafé de Bogotá D.C., así como la clasificación y la resistencia ante la aplicación de cargas al suelo de subrasante sobre el cual se apoya la estructura de pavimento.

Los ensayos ejecutados fueron los siguientes:

- **Ensayos sobre capas granulares.**
- Humedad natural.
- Granulometría por tamizado.
- Límites de consistencia.
- **Ensayos sobre la subrasante.**
- Humedad natural.
- Pasa tamiz No. 200.
- Límites de consistencia.
- Contenido de materia orgánica.
- CBR inalterado.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

En el volumen de anexos, sección "Resultados de los Ensayos de Laboratorio", se presentan los resultados de la totalidad de los ensayos de laboratorio ejecutados en estas capas, y en la tabla 2.1 del anexo 2 "Investigación del subsuelo" se presenta el resumen de dichos ensayos.

3.3. VALOR RELATIVO DE SOPORTE.

3.3.1. CBR inalterado.

Para determinar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante a lo largo del corredor, se efectuaron ensayos de CBR inalterados mediante la toma in-situ de muestras en moldes de 6" de diámetro para la posterior realización en el laboratorio del ensayo de penetración.

La penetración de las muestras tomadas en los moldes se realizó bajo las condiciones de humedad y densidad naturales del suelo en el terreno.

3.4. ANALISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo con los trabajos de investigación del subsuelo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se logró establecer que los agregados que conforman la capa de material granular en todas las vías no cumple de manera general con las especificaciones contenidas en la norma B-600 de la Secretaría de Obras Públicas del Distrito con excepción de la vía 8, ya que se obtuvieron suelos finos en porcentajes mayores al indicado por esta norma (pasa tamiz No. 200) con valores que fluctúan entre el 10.2% y el 48.3% (la especificación varía entre 10% y 15%) en cuanto a la plasticidad (Ip) se obtuvieron valores no aceptables, variable entre 2 % y 9%, que sobrepasan lo especificado.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. MOVILIDAD Instituto de Desarrollo Urbano

Los suelos de subrasante están conformados por Arcillas arenosas de plasticidad alta y de baja compresibilidad, también se encontró una arena arcillosa con trazas de grava. Estos suelos se clasifican como CL, SC y SM en el sistema unificado de clasificación de suelos y como A-6, A-4 y A-2-4 en el sistema AASTHO.

Con base en los resultados de los CBR de laboratorio, se escogió el menor valor de los CBR obtenidos en cada vía y este se asumió como valor de diseño, a pesar de la cercanía de todas las vías, estos valores se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 2. VALORES DE CBR DE DISEÑO

VIA	VIA	DE	A	CBR OBTENIDOS (%)	CBR DE DISEÑO (%)
8	Calle 7 A	Carrera 71 No. 71 A-93	No. 71 B-15	3.3 - 2.9	2.9
9	Calle 7C	Carrera 70B	Carrera 70 C	4.5	4.5
13	Calle 9D	Carrera 70	Carrera 69 D	9.5 – 4.5	4.5
14	Transversal 70	Calle 8 A	Calle 9D	4.0	4.0
15	Calle 9 A	Carrera 69 B	Carrera 69 D	5.9 – 4.5	4.5

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

CAPITULO 4

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

En esta etapa se ejecutó un levantamiento topográfico de cada vía tanto planimétrico como altimétrico en el que se detallaron linderos, andenes, postes de alumbrado, pozos de inspección, sumideros y en general todos los elementos que se encontraron en el área aferente de la vía. También se realizó la nivelación del eje y los bordes de calzada así como la toma de secciones transversales de paramento a paramento cada 20.0 m.

Toda la información obtenida en campo se procesó y como producto final se presentan los planos en planta-perfil y las secciones transversales sobre las que se diseña la nueva rasante de acuerdo con la solución de rehabilitación propuesta.

En el volumen de anexos "Levantamiento topográfico" se presentan las carteras de campo, y las carteras de diseño. En el anexo 3 del presente informe se presentan los planos de secciones transversales y planta-perfil en los que aparece la nueva rasante proyectada.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

CAPITULO 5

EVALUACION DEFLECTOMETRICA

5.1. MEDICION DE LA DEFLEXION.

Un aspecto fundamental para el diseño de la solución de rehabilitación de una estructura de pavimento lo constituye la medición de las deflexiones de dicha estructura ante la imposición de cargas. Para realizar esta medición se recurrió a una viga Benkelman de brazo doble y de constante 4 con la que se efectuaron lecturas cada 10.0 m sobre la huella externa, el dispositivo de carga utilizado fue una volqueta cargada con 8.2 t en su eje trasero. Se tuvo especial cuidado en realizar las mediciones en los puntos en donde el pavimento no se encuentra altamente deteriorado ya que el objetivo de este ensayo es medir las deformaciones de una "estructura normal" ante la imposición de cargas y no la deformabilidad de zonas en donde por ejemplo el concreto asfáltico se encuentra totalmente fatigado. Para evaluar la influencia de la temperatura en las medidas efectuadas se tomó la temperatura de la capa asfáltica y del ambiente en el momento de ejecución del ensayo.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Los datos obtenidos se procesaron en el programa de computador DEFLEX del paquete INPACO, desarrollado por el antiguo MOPT y por el Instituto de Vías de la Universidad del Cauca. Este programa calcula la deflexión y el radio de curvatura asociado a cada medición realizada y gráfica la variación de estos dos (2) parámetros a lo largo de la vía.

5.2. DETERMINACIÓN DE LA DEFLEXIÓN ACTUAL Y DEL RADIO DE CURVATURA ASOCIADO.

En el numeral anterior, se describió la metodología de campo empleada para efectuar la medición de las deflexiones. Procesada esta información y siguiendo en general la metodología descrita en el manual "La Viga Benkelman y su aplicación en la Evaluación de Pavimentos Flexibles - Marzo 1976)" y en el "Manual del Usuario del Programa INPACO (1993)", se establecieron las deflexiones corregidas por temperatura del pavimento, registrada en el momento de la medida de la deflexión.

Las medidas puntuales Do y D25, efectuadas en campo, se leyeron con dos deformímetros, cada uno con aproximación de 10^{-3} pulgadas. Estas lecturas fueron convertidas a valores de deflexión, expresadas en centésimas de milímetro, multiplicándolas por la constante de la viga, eliminando previamente los valores excepcionalmente altos y bajos.

Se graficaron los valores de deflexión Do corregidos por temperatura Vs el abscisado de cada vía. Luego se procedió a evaluar el valor de la deflexión promedio, la desviación estándar (σ), el coeficiente de variación (v) y la deflexión característica para cada una de éstas.

La deflexión característica para cada vía, se obtuvo mediante la expresión:

$$Dc = \bar{D} + 2.0\,\sigma$$

En la cual:

Dc : Deflexión característica, la cual es representativa del 95% del sector.

$\bar{D}$: Deflexión promedio

σ : Desviación estándar

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

El valor representativo del radio de curvatura, correspondiente a cada vía, se obtuvo de la siguiente forma:

- A los valores de deflexión característica obtenidos se le asocia su correspondiente valor del radio de curvatura.
- Se selecciona aquel valor de radio de curvatura que frecuentemente aparezca como valor típico.

5.3. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

Los resultados que se obtuvieron del ensayo de viga Benkelman para cada vía son los siguientes:

TABLA 3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA

VIA	VIA	Deflexión promedio (mm/100)	Desviación estándar σ^-	Deflexión característica (mm/100)	Radio de curvatura (m)
8	Calle 7 A, Barrio Aloha	101.0	31.0	163.0	43.4
13	Calle 9 D, Barrio Ferrol	89.0	26.0	142.0	62.5
14	Transversal 70 B. Pinos de Marsella.	145.0	51.0	247.0	18.1

Como se puede observar en la tabla anterior, la deflexión característica para las tres (3) vías analizadas presentan valores que oscilan entre 142 y 247 (1/100 mm), los cuales se clasifican por parte del Instituto del Asfalto como altos. Así mismo, de acuerdo con las características del tránsito, todas estas deflexiones son muy superiores a la deflexión máxima admisible (para N = 1.00 x 10^6, D_{admis} = 88mm/100).

De otra parte, los valores obtenidos de radio de curvatura en todos los casos fueron inferiores a 80.0 m, los cuales son indicativos de fallas puntuales por carencia de espesores adecuados o mala calidad de los materiales que conforman las capas de la estructura. **Por lo cual se procedio al diseño para la reconstrucción del pavimento y no del refuerzo.**

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

En el anexo 4 "Evaluación deflectométrica" se presentan las carteras de campo y de deflexiones así como la gráfica de variación de las deflexiones y radios de curvatura a lo largo de cada una de las vías evaluadas.

CAPITULO 6

EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA CALZADA EXISTENTE

6.1. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.

Para determinar el estado superficial del pavimento, se realizó una evaluación lo más detallada posible de cada vía, mediante un recorrido en forma continua de la calzada a pie por parte de un Ingeniero con experiencia en el tema, en la cual se identificaron y cuantificaron los daños presentes en cada una de las calzadas.

Los daños encontrados en la vía se evaluaron en su longitud, ancho y grado de severidad, calificándolos como leves, moderados o severos.

Durante el recorrido, todos los daños se fueron registrando esquemáticamente en el formato "Descripción Visual del Pavimento", diseñado por el Consultor para tal efecto, y utilizando los símbolos propuestos por el Grupo de Mantenimiento Vial de Ingeroute, 1981, y colocando la magnitud del daño en su unidad y medida correspondiente y ubicándola con respecto a las huellas.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Para el desarrollo de esta actividad y con base en la información de la evaluación superficial del pavimento se clasificaron los daños existentes en la carpeta asfáltica, relacionándolos directamente como daños estructurales o superficiales. La información se procesó posteriormente en el formato denominado esquemas de seguimiento, el cual recoge la cantidad de daños y lo cuantifica.

6.2. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL.

Durante la inspección visual de cada calzada se observaron predominantemente daños como fisuras y grietas tanto longitudinales como transversales, fisuras en bloque, hundimientos o depresiones, y baches destapados y tapados y en menor cantidad se encontraron asentamientos.

A continuación se describe para cada vía en estudio los diferentes daños que poseen y se indica el porcentaje de área que presenta afectación con respecto al área total de la vía:

- Los daños que predominan a lo largo de la calle 7 A (vía 8) son las fisuras en bloque, los baches destapados y en menor grado de afectación asentamientos longitudinales. El área afectada es de 244.52 m^2 que corresponde a un porcentaje de afectación del 46.58%.

- En la calle 7 C (vía 9) se presentan, baches, perdida de ligante, fisuras en bloque y algunos asentamientos longitudinales, el área con daños es de 305.5 m^2 que equivale al 57.12%.

- Con respecto a la calle 9 D (vía 13), el porcentaje de afectación es del 15.44% que corresponde a un área de 201.04 m^2; los daños que predominan son las fisuras longitudinales, la perdida de ligante y algunos baches.

- En la Transversal 70 (vía 14) se presentan, baches, perdida de ligante, fisuras en bloque y algunos asentamientos longitudinales, el área con daños es de 154.0 m^2 que equivale al 30.14%.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

- Con respecto a la calle 9 D (vía 15), el porcentaje de afectación es del 52.98% que corresponde a un área de 150.99 m^2; los daños que predominan son las fisuras longitudinales, la perdida de ligante y algunos baches.

En el volumen de anexos se presentan los esquemas de seguimiento donde se sintetiza los diferentes daños presentados y se obtienen los porcentajes de afectación.

En el anexo 5 "evaluación superficial de la calzada", se incluyen los diferentes formatos empleados durante esta actividad con toda la información recopilada, así mismo, se presenta un registro fotográfico en donde se aprecia el estado superficial del pavimento.

CAPITULO 7

ANALISIS DE TRANSITO

Para un estudio de rehabilitación de una estructura de pavimento es indispensable estimar la magnitud de las cargas que circularán sobre la vía en el período de diseño, las cuales se constituyen en uno de los principales factores causantes del deterioro de la vida útil del pavimento.

7.1. PROCEDIMIENTO DE EJECUCION.

El primer paso en la determinación del tránsito que circulará sobre estas vías en el período de diseño consistió en la realización de un conteo vehicular en las vías 8,13 y 14 del proyecto entre las 6:00 de la mañana y las 8:00 de la noche, mediante los cuales se determinaron los volúmenes horarios de tránsito distribuidos en períodos de 15 minutos. Para las vías 9 y 15 se tienen conteos de dos horas los cuales se realizaron en el momento de los trabajos de campo.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Luego con los volúmenes totales de tránsito se estableció la composición vehicular (autos, buses y camiones) y la distribución de los camiones discriminándolos en seis categorías: camión de dos ejes pequeño y grande, camiones de tres ejes, camiones de cuatro ejes y camiones de cinco ejes.

Para el diseño se trabajará con la composición total de vehículos comerciales en el conteo. La cual se presenta a continuación en la tabla 4.

TABLA 4. COMPOSICION VEHICULAR COMERCIAL

	COMPOSICION VEHICULAR		COMPOSICION CAMIONES			TPDVC
VIA	BUSES Y BUSETAS	CAMIONES	C2P	C2G	C3-C4-C5	
8 y 14	60.75%	39.25%	63.10%	32.14%	4.76%	
	11	1	1			480
13	58.45%	41.55%	59.30%	32.20%	8.50%	
	4	2	-	1	1	240
9 y 15	25.00%	75.00%	33.30%	16.70%	50.00%	
	-	4	1	1	2	40

Para determinar el tránsito promedio diario, se escoge en el día de conteo el intervalo de 15 minutos con mayor volumen vehicular comercial, este volumen se transforma en horario (multiplicando por 4) y luego en diario empleando el factor K de proyección de tránsito K = 1 / 0.10.

Ejemplo:

Vías 8 y 14

Entre las 7:00 y las 7:15 am, se tienen 12 vehículos comerciales.

12 vehiculos comerciales * 4 * (1/0.10) = 480

TPDVC = 480

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Para las vías 9 y 15 se utilizó una metodología diferente pues él trafico es muy pequeño, por tanto se tomó el máximo valor horario de todo el conteo y se multiplico por el factor K de proyección de tránsito K= 1 / 0.10.

Ejemplo vías 9 y 15

Entre las 11:00 y las 12.00 m, se tienen 4 vehiculos comerciales.

4 vehiculos comerciales * (1/0.10) = 40

TPDVC = 40

7.2. CALCULO DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES.

7.2.1. Análisis de Tránsito

El análisis de tránsito para el diseño de espesores de pavimentos, es posiblemente la variable más importante en el diseño de una vía, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

El análisis del tránsito se basa en el tránsito acumulado que se presenta en la vía, que se obtiene de las proyecciones del tránsito para de esta forma llegar a obtener el número de ejes equivalentes que utilizará el pavimento durante la vida útil de éste.

7.2.2. Consideraciones sobre el tránsito en el diseño de pavimentos

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquel que pase durante su vida de servicio. Sin embargo, es necesario reconocer que no es fácil calcular tales cargas.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

La determinación del tránsito acumulado a lo largo de los diferentes años de período de diseño es fundamental en el diseño de pavimentos, partiendo de la expresión que se indica a continuación:

$$Tn = To \cdot (1+r)^n$$

Donde:

Tn = Tránsito en cualquier año n: 15 años

To = Tránsito en el año cero (inicial)

r = Tasa de crecimiento anal del tránsito, se adopta una tasa r = 3.0%.

Es posible por integración obtener el Tránsito Acumulado, TA, durante los n años del período de diseño, mediante la siguiente ecuación:

$$TA = To \cdot \frac{((1+r)^n - 1)}{Ln\,(1+r)}$$

A continuación se detalla el procedimiento empleado para la evaluación del tránsito de diseño N_T.

7.2.3. Tránsito De Diseño, N_T

Utilizando los siguientes parámetros, se determinó él número acumulado de repeticiones esperadas del eje sencillo equivalente a 8.2 t (NT) que se presenta en el carril de diseño durante el período de diseño, tal como se describe a continuación:

- Número de Ejes para diseño:

$$N_T = TAn * \left(\frac{A}{100}\right) * \left(\frac{B}{100}\right) * 365 * F.C.$$

Donde:

N_T = Tránsito de diseño

TAn = Tránsito Acumulado para el año n.

A = Porcentaje de vehículos comerciales (buses y camiones), en el presente informe se trabajo con los vehículos comerciales, sin tener en cuenta los automóviles, por lo tanto, A = 100.

B = porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

F.C. = Factor Camión

- **Factor camión.**

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión).

En nuestro medio son utilizadas tres metodologías para la obtención del factor camión: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT - INGEROUTE y por el propuesto por la Universidad del Cauca.

Si bien el pesaje constituye el medio mas preciso para determinar las características de equivalencia del tránsito real con respecto a ejes sencillos de 8.2 toneladas, lo costoso que resultan estos estudios impide efectuarlos para todos los diseños de pavimento que se deban acometer.

Para llevar a cabo la determinación del factor camión se requiere de conocer de unos factores de equivalencia promedio, conocidos como factores de daño. A partir de estos valores se puede estimar el factor camión, para cualquier tramo de la red nacional de carreteras, teniendo en cuenta que durante los conteos manuales que se realizaron, se hace una discriminación de la manera como está compuesto el tránsito de camiones, como se mencionó en el numeral 6.1.

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

Factores de daño y número de cargas equivalentes, NEE.

De acuerdo con las conclusiones del trabajo relacionado con los factores de daño de los vehículos comerciales, adelantado por los ingenieros Alfonso Murgueito V., Carlos Benavides B. Y Efraín Solano, de la Universidad del Cauca, titulado "Estudio de los factores de daño de los vehículos que circulan por carreteras colombianas", presentado en el XI simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos, realizado durante el mes de Junio de 1997 en Cartagena, se obtuvieron los factores de daño para vehículos cargados que se relacionan a continuación en la Tabla 5.

TABLA 5. FACTORES DE DAÑO

TIPO DE VEHICULO	FACTORES DE DAÑO ACTUALES			
	MOPT - 84	INV. - 93	U del C – 1996	Valores Utilizados
Automóviles	-	0.00	-	-
Busetas	-	0.00	-	0.40
Buses (corriente +metropolitano)	-	0.70	-	1.00
C2 – P	0.10	0.10	1.14	1.14
C2 – G	2.80	2.20	3.44	3.44
C3	4.60	-	3.76	3.76
C2 – S1	1.40	-	3.37	3.37
C2 – S2	6.70	-	3.42	3.42
C5 (C3-S2)	5.30	3.70	4.40	4.40

En dicha tabla, adicionalmente, se presentan los factores de daño que el MOPT utilizaba como resultado de la Investigación Nacional de Pavimentos adelantada por la Universidad del Cauca en 1984, los que el INV. viene aplicando en los proyectos de rehabilitación, deducidos también de estudios realizados antes de 1993 por la Universidad del Cauca y, por último, los que la consultora asumirá.

Los factores de daño asumidos por la unión temporal MARAN LTDA – BATEMAN INGENIERIA LTDA fueron deducidos de los pesajes que el INV. organizó durante 1996.

Para el calculo del numero de ejes equivalentes se diseño una tabla en la cual se incluyen los factores daño antes indicados para cada uno de los años durante la vida útil del pavimento (ver tablas 6.1,6.2 y 6.3).

- **Parámetro B**

El parámetro B es el porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño, es decir B = % de Vehículos Comerciales en el Carril de Diseño (%VCCD).

La distribución porcentual de vehículos comerciales en el carril de diseño se adopto con base en dos aspectos: el primero es la tendencia unidireccional de las vías en estudio, lo cual se evidencia en la mayoría de las vías, el segundo aspecto es la tendencia general observada en campo de canalizar él trafico hacia el centro de la vía a causa de vehículos parqueados y a los anchos de las vías menores de 7.0 m en promedio, lo cual impide el paso de dos vehículos en marcha con seguridad. Por lo anterior y siguiendo la recomendación de la AASHTO en la "Guide for Design of pavement structures, 1993", se adoptó como factor de distribución un 80 % de un rango comprendido entre 80% y 100%, y para la vía 13 se adopto un valor del 50%, pues el ancho de esta vía es de 10.0 m.

B (%VCCD) = 80 vías, 8, 9 14, y 15

B (%VCCD) = 50, vía 13

En las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 se presenta la hoja de cálculo del número de ejes equivalentes de 8.2 t para un período de diseño de 15 años, con el cual se determinarán las estructuras para las vías. En el anexo 6 "Transito" se presentan los conteos realizados.

7.2.4 Resultados

El número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas es el siguiente:

Vía	N
8 y 14	3.3×10^6
13	1.1×10^6
9 y 15	0.51×10^6

Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

UNION TEMPORAL

MARAN LTDA. - BATEMAN INGENIERIA LTDA.

EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE VÍAS DE LAS LOCALIDADES DE KENNEDY Y BOSA

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

TABLA 6.1

ESTACION: CONTEOS DIARIOS

SECTOR: LOCALIDADES DE KENNEDY Y BOSA

VIAS 8 Y 14

COMPOSICION VEHICULAR		COMPOSICION CAMIONES	
		C2P=	63,10%
AUTOS=	0,0%	C2G=	32,14%
BUSES=	39,72%	C3=	4,76%
BUSETAS=	21,03%	C2 - S1=	0,00%
CAMIONES =	39,25%	C2-S2=	0,0%
		C3-S2=	0,0%

FACTORES DAÑO		FACTOR DIRECCIONAL
BUSES = 1,00	C2-S1 = 3,37	
C2P = 1,14	C2-S2= 3,42	No DE CARRILES EN AMBOS SENTIDOS= 2
C2G = 3,44	C3-S2 = 4,4	80 %
C3 = 3,76	BUSETAS = 0,4	

AÑO	TPD	N (BUSETAS)	N (BUSES)	N (C2P)	N (C2G)	N (C3)	N (C2-S1)	N (C2-S2)	N (C3-S2)	N ANUAL	N ACUM.
2000	480	11.789	55.671	39.572	60.832	9.850	0	0	0	177.715	1,8E+05
2001	494	12.143	57.341	40.759	62.657	10.146	0	0	0	183.046	1,8E+05
2002	509	12.507	59.061	41.982	64.537	10.450	0	0	0	188.538	1,9E+05
2003	525	12.882	60.833	43.242	66.473	10.764	0	0	0	194.194	1,9E+05
2004	540	13.269	62.658	44.539	68.467	11.087	0	0	0	200.020	2,0E+05
2005	556	13.667	64.538	45.875	70.521	11.419	0	0	0	206.020	2,1E+05
2006	573	14.077	66.474	47.251	72.637	11.762	0	0	0	212.201	2,1E+05
2007	590	14.499	68.468	48.669	74.816	12.115	0	0	0	218.567	2,2E+05
2008	608	14.934	70.522	50.129	77.060	12.478	0	0	0	225.124	2,3E+05
2009	626	15.382	72.638	51.633	79.372	12.853	0	0	0	231.878	2,3E+05
2010	645	15.844	74.817	53.182	81.753	13.238	0	0	0	238.834	2,4E+05
2011	664	16.319	77.062	54.777	84.206	13.635	0	0	0	245.999	2,5E+05
2012	684	16.808	79.374	56.421	86.732	14.044	0	0	0	253.379	2,5E+05
2013	705	17.313	81.755	58.113	89.334	14.466	0	0	0	260.980	2,6E+05
2014	726	17.832	84.207	59.857	92.014	14.900	0	0	0	268.810	2,7E+05
TOTAL EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO (2000-2014) 15 AÑOS											3,31E+06

Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

UNION TEMPORAL

MARAN LTDA. - BATEMAN INGENIERIA LTDA.

EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE VÍAS DE LAS LOCALIDADES DE KENNEDY Y BOSA

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

TABLA 6,2

ESTACION: CONTEOS DIARIOS

SECTOR: LOCALIDADES DE KENNEDY Y BOSA

VIA 13

COMPOSICION VEHICULAR		COMPOSICION CAMIONES	
		C2P=	59,3%
AUTOS=	0,0%	C2G=	32,2%
BUSES=	40,14%	C3=	8,5%
BUSETAS=	18,31%	C2 - S1=	0,0%
CAMIONES =	41,55%	C2-S2=	0,0%
		C3-S2=	0,0%

FACTORES DAÑO			FACTOR DIRECCIONAL
BUSES =	1,00	C2-S1 = 3,37	
C2P =	1,14	C2-S2= 3,42	No DE CARRILES EN AMBOS SENTIDOS= 2
C2G =	3,44	C3-S2 = 4,4	50 %
C3 =	3,76	BUSETAS = 0,4	

AÑO	TPD	N (BUSETAS	N (BUSES)	N (C2P)	N (C2G)	N (C3)	N (C2-S1)	N (C2-S2)	N (C3-S2)	N ANUAL	N ACUM.
2000	240	3.208	17.581	12.307	20.160	5.799	0	0	0	59.056	5,9E+04
2001	247	3.304	18.109	12.676	20.765	5.973	0	0	0	60.827	60827,2E+00
2002	255	3.403	18.652	13.057	21.388	6.152	0	0	0	62.652	6,3E+04
2003	262	3.505	19.212	13.448	22.030	6.337	0	0	0	64.532	64531,6E+00
2004	270	3.611	19.788	13.852	22.691	6.527	0	0	0	66.468	6,6E+04
2005	278	3.719	20.382	14.267	23.371	6.722	0	0	0	68.462	68461,6E+00
2006	287	3.830	20.993	14.695	24.072	6.924	0	0	0	70.515	7,1E+04
2007	295	3.945	21.623	15.136	24.795	7.132	0	0	0	72.631	72630,9E+00
2008	304	4.064	22.271	15.590	25.538	7.346	0	0	0	74.810	7,5E+04
2009	313	4.186	22.940	16.058	26.305	7.566	0	0	0	77.054	77054,1E+00
2010	323	4.311	23.628	16.540	27.094	7.793	0	0	0	79.366	7,9E+04
2011	332	4.441	24.337	17.036	27.907	8.027	0	0	0	81.747	81746,7E+00
2012	342	4.574	25.067	17.547	28.744	8.268	0	0	0	84.199	8,4E+04
2013	352	4.711	25.819	18.074	29.606	8.516	0	0	0	86.725	86725,1E+00
2014	363	4.852	26.593	18.616	30.494	8.771	0	0	0	89.327	8,9E+04
TOTAL EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO (2000-2014) 15 AÑOS											1,1E+06

Instituto
DESARROLLO URBANO
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA

UNION TEMPORAL

MARAN LTDA. - BATEMAN INGENIERIA LTDA.

EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE VÍAS DE LAS LOCALIDADES DE KENNEDY Y BOSA

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

TABLA 6,3

ESTACION: CONTEOS DIARIOS

SECTOR: LOCALIDADES DE KENNEDY Y BOSA

VIAS 9 Y 15

COMPOSICION VEHICULAR		COMPOSICION CAMIONES	
		C2P=	33,3%
AUTOS=	0,0%	C2G=	16,7%
BUSES=	25,00%	C3=	50,0%
BUSETAS=	0,00%	C2 - S1=	0,0%
CAMIONES =	75,00%	C2-S2=	0,0%
		C3-S2=	0,0%

FACTORES DAÑO			FACTOR DIRECCIONAL
BUSES = 1,00	C2-S1 = 3,37		
C2P = 1,14	C2-S2= 3,42	No DE CARRILES EN AMBOS SENTIDOS=	2
C2G = 3,44	C3-S2 = 4,4		80 %
C3 = 3,76	BUSETAS = 0,4		

AÑO	TPD	N (BUSETAS	N (BUSES)	N (C2P)	N (C2G)	N (C3)	N (C2-S1)	N (C2-S2)	N (C3-S2)	N ANUAL	N ACUM.
2000	40	0	2.920	3.325	5.022	16.469	0	0	0	27.737	2,8E+04
2001	41	0	3.008	3.425	5.173	16.963	0	0	0	28.569	28568,8E+00
2002	42	0	3.098	3.528	5.328	17.472	0	0	0	29.426	2,9E+04
2003	44	0	3.191	3.634	5.488	17.996	0	0	0	30.309	30308,6E+00
2004	45	0	3.286	3.743	5.653	18.536	0	0	0	31.218	3,1E+04
2005	46	0	3.385	3.855	5.822	19.092	0	0	0	32.154	32154,4E+00
2006	48	0	3.487	3.971	5.997	19.665	0	0	0	33.119	3,3E+04
2007	49	0	3.591	4.090	6.177	20.255	0	0	0	34.113	34112,6E+00
2008	51	0	3.699	4.213	6.362	20.862	0	0	0	35.136	3,5E+04
2009	52	0	3.810	4.339	6.553	21.488	0	0	0	36.190	36190,1E+00
2010	54	0	3.924	4.469	6.750	22.133	0	0	0	37.276	3,7E+04
2011	55	0	4.042	4.603	6.952	22.797	0	0	0	38.394	38394,0E+00
2012	57	0	4.163	4.741	7.161	23.481	0	0	0	39.546	4,0E+04
2013	59	0	4.288	4.884	7.376	24.185	0	0	0	40.732	40732,2E+00
2014	61	0	4.417	5.030	7.597	24.911	0	0	0	41.954	4,2E+04
TOTAL EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO (2000-2014) 15 AÑOS											515,9E+03